

ЦИФРОВОЙ ЭКСПОНОМЕТР ИМПУЛЬСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

А. П. ГРИГОРЬЕВ, И. И. КРИМКЕР

(Представлена научным семинаром научно-исследовательского института
электронной интроскопии)

В настоящее время для решения многих научно-технических задач в качестве источников излучения широко применяются ускорители заряженных частиц. Поскольку излучение ускорителей имеет импульсный характер, его регистрация при облучении объектов с целью получения ими заданной дозы имеет некоторые особенности в отличие от регистрации излучения с постоянной во времени интенсивностью.

При этом необходимо решить задачи такого типа: а) автоматическое отключение источника после набора заданной дозы при облучении неподвижного объекта; б) автоматическое включение и отключение источника на то время, когда облучаемые объекты, непрерывно движущиеся на конвейере, оказываются в поле излучения; в) то же, что и б), но с остановкой объекта в площади поля излучения для набора заданной дозы.

Последняя задача, являющаяся наиболее общей, решается с помощью разработанного для бетатрона устройства, описание которого дается в настоящей работе.

Набор заданной дозы с достаточной степенью точности можно было бы осуществить путем подсчета импульсов тормозного излучения [1], либо применив реле времени.

В этом случае полагают, что все импульсы излучения обладают одинаковой интенсивностью, то есть дают одинаковый вклад в дозу, полученную объектом. Однако поскольку в действительности имеет место нестабильность интенсивности импульсного излучения, вызванная различными причинами [2], эти способы задачу не решают. Необходимо применение специальных радиационных экспонометров.

Известны экспонометры накопительного типа, в основу работы которых положено измерение заряда на входном конденсаторе [3]. Однако их существенным недостатком является невысокая точность за счет потери части заряда во время накопления дозы, а также нестабильность порога срабатывания, что ограничивает возможности их применения.

Этих недостатков лишена предлагаемая схема (рис. 1), которая позволяет фиксировать величину, пропорциональную интенсивности, и, следовательно, дозе каждого отдельного импульса излучения, и суммировать эти данные до тех пор, пока не будет набрана заданная доза. После этого источник излучения, в частности бетатрон, автоматически отключается.

Схема работает следующим образом. В схему синхронизации бета-

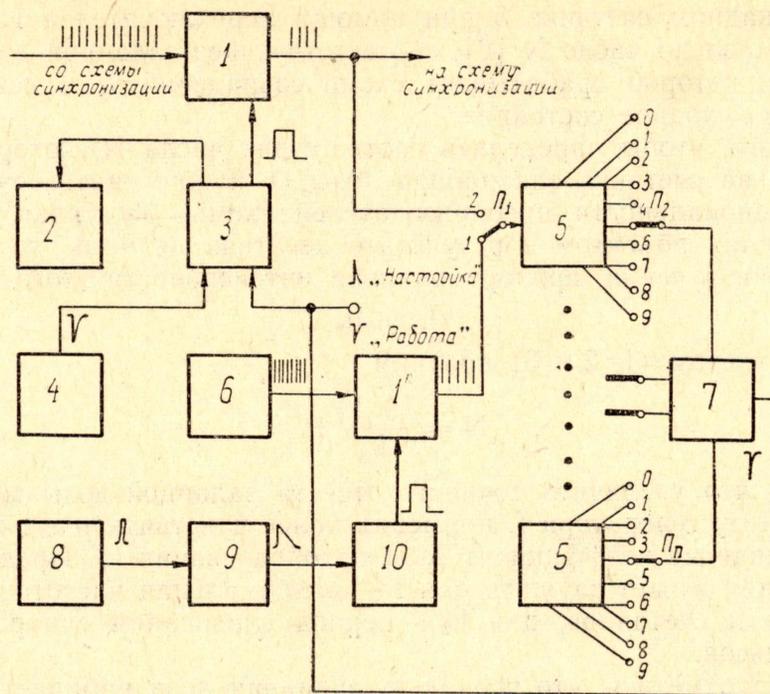


Рис. 1. Функциональная схема экспонометра.

трона (например, в канал смещения) вводится электронный ключ 1, нормально разомкнутый для синхронизирующих импульсов и управляемый строб-импульсом, формируемым симметричным триггером 3. Импульсом «Настройка» триггер 3 переводится в такое устойчивое состояние, при котором ключ 1 замыкается и производится настройка бетатрона на излучение. Далее импульсом «Работа», имеющим другую полярность, триггер 3 перебрасывается во второе устойчивое состояние, при котором ключ 1 разомкнут и синхронизирующие импульсы не проходят к выходным каскадам схемы синхронизации. Это же устойчивое состояние триггера 3 соответствует протеканию тока по обмотке реле 2, которая включена в коллекторную цепь одного из транзисторов триггера 3. В этом случае контакты реле замыкают цепь питания двигателя конвейера, подающего объекты в площадь поля излучения. Сигнал к началу облучения подается фотодатчиком 4, фиксирующим появление движущегося объекта в площади поля [4]. Триггер 3 перебрасывается, замыкая ключ 1 и размыкая контакты реле 2.

Импульсы тормозного излучения регистрируются детектором 8, на нагрузке которого возникают импульсы напряжения, амплитуда которых пропорциональна интенсивности соответствующих импульсов излучения.

$$U_1 = k_1 I_1. \quad (1)$$

Далее происходит преобразование амплитуды во временной интервал (9)

$$t_1 = k_2 U_1, \quad (2)$$

формирование строб-импульса (10) для ключа 1' и заполнение временного интервала калибровочными импульсами от генератора 6, число которых n_1 пропорционально величине этого интервала

$$n_1 = f t_1, \quad (3)$$

где f — частота генератора, а также пропорциональна амплитуде соответствующего импульса напряжения. Таким образом, амплитуда импульса может быть измерена в виде цифрового кода [5].

На декадном счетчике 5 при помощи переключателей Π_2 — Π_n заранее установлено число N [6], соответствующее заданной дозе D , при достижении которой срабатывает схема совпадений 7, и вся система приходит в исходное состояние.

Для того, чтобы определить соответствие числа N , которое нужно установить на счетчике для набора дозы D , нужно знать коэффициенты пропорциональности преобразователей схемы. Учитывая, что доза D_i , полученная объектом в результате действия на него i -го импульса тормозного излучения, пропорциональна интенсивности этого импульса.

$$D_i = k_3 I_i, \quad (4)$$

а также с учетом (1, 2 и 3) получим

$$N = \frac{f k_1 k_2}{k_3} D. \quad (5)$$

Видно, что увеличить точность отсчета заданной дозы можно, повышая частоту генератора f , применяя более чувствительные детекторы ($k_1 \uparrow$), увеличивая коэффициент $A \rightarrow t$ преобразования k_2 . Пределом этого увеличения может служить для f — максимальная частота пересчета используемых счетчиков, для k_2 — период следования синхронизирующих импульсов.

Следует отметить, что поскольку заданная доза набирается от импульсного излучения, то в любом случае объект получит не дозу D , величина которой установлена на счетчике, а несколько большую D' , лежащую в пределах

$$D \leq D' \leq D_{i \max} + D, \quad (6)$$

где $D_{i \max}$ — доза, которую объект получает от импульса излучения максимальной интенсивности.

Это объясняется тем, что, если схема совпадений сработает на любой импульс из серии, пришедшей на счетчик, то все равно импульс тормозного излучения, которому соответствует данная серия, не оборвется на середине, а полностью даст вклад в общую дозу.

Для случая стабильной интенсивности достаточно применения части схемы (каскады 1—5,7; переключатель Π_1 в положении 2), при этом счетчик производит отсчет синхронизирующих импульсов, число которых, необходимое для получения заданной дозы, устанавливается предварительной градуировкой.

ЛИТЕРАТУРА

1. В. И. Горбунов. Прибор для автоматического счета электрических импульсов. Известия ТПИ, т. 87. Изд-во ТГУ, Томск, 1957.
2. Л. М. Ананьев, А. А. Воробьев, В. И. Горбунов. Индукционный ускоритель электронов — бетатрон М., Госатомиздат, 1967.
3. Техническое описание и инструкция по эксплуатации прибора «РМ-1М».
4. Andre Kohn, Jean Auree. Arrangement for irradiating an object with radioactive radiation. Патент США, № 3.272.987, 1966.
5. М. И. Грязнов и др. Измерение импульсных напряжений. М., «Советское радио», 1969.
6. Ф. М. Яблонский, Г. М. Янкин. Декатроны. М., «Энергия», 1967.